

О ПРОВЕДЕНИИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ПОДХОДУ К ОБУЧЕНИЮ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ В ВУЗЕ

И.А. Сарычева, Ю.В. Грибкова, Е.В. Голицына, Н.В. Запатрина

Аннотация. В статье подробно описано проведение педагогического эксперимента, заключавшегося в реализации дифференцированного подхода к обучению высшей математике. Эксперимент направлен на повышение качества математической подготовки обучающихся технического вуза. Актуальность темы эксперимента обусловлена проблемой организации процесса обучения высшей математике в группах с большой разницей в уровне базовой подготовки обучающихся. Идея педагогического эксперимента заключается в том, что в зависимости от уровня математической подготовки первокурсники делятся на подгруппы и изучают высшую математику на базовом или повышенном уровне сложности. В статье уделено внимание методике дифференциации обучающихся по уровню начальной подготовки, указаны принципы разработки разноуровневой системы заданий, приведены результаты эксперимента, доказывающие правильность выбранного подхода к обучению.

Ключевые слова: педагогический эксперимент, этапы эксперимента, дифференцированное обучение, кластерный анализ, проверка гипотезы.

Для цитирования: Сарычева И.А., Грибкова Ю.В., Голицына Е.В., Запатрина Н.В. О проведении педагогического эксперимента по дифференцированному подходу к обучению высшей математике в вузе // Преподаватель XXI век. 2022. № 3. Часть 1. С. 114–121. DOI: 10.31862/2073-9613-2022-3-114-121

ON CARRYING OUT A PEDAGOGICAL EXPERIMENT ON A DIFFERENTIATED APPROACH TO TEACHING HIGHER MATHEMATICS AT THE UNIVERSITY

I.A. Sarycheva, J.V. Gribkova, E.V. Golitsyna, N.V. Zapatrina

Abstract. The article describes in detail the pedagogical experiment, which was to implement a differentiated approach to teaching higher mathematics. The experiment is aimed at improving the quality of mathematical training of technical university students. Relevance of the topic of the experiment is due to the problem of organizing the learning process of higher mathematics in groups with a large difference in the level of basic training of students. The idea behind the pedagogical experiment lies in the fact that, depending on the level of mathematical training, first-year students are divided into subgroups and study higher mathematics at a basic or advanced level of complexity. The article pays attention to the method of differentiation of students by level of initial preparation, specifies the principles of developing a

© Сарычева И.А., Грибкова Ю.В., Голицына Е.В., Запатрина Н.В., 2022



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

multilevel system of tasks, gives the results of the experiment, proving the correctness of the chosen approach to teaching.

Keywords: *pedagogical experiment, stages of the experiment, differential training, cluster analysis, verification of the hypothesis.*

Cite as: Sarycheva I.A., Gribkova J.V., Golitsyna E.V., Zapatrina N.V. On Carrying Out a Pedagogical Experiment on a Differentiated Approach to Teaching Higher Mathematics at the University. *Prepodavatel XXI vek*. Russian Journal of Education, 2022, No. 3, part 1, pp. 114–121. DOI: 10.31862/2073-9613-2022-3-114-121

Повышение эффективности и качества образования в высшей школе является актуальной проблемой. Её решение тесно связано с уровнем формализации педагогических знаний и их теоретическим обобщением. Педагогический эксперимент можно рассматривать как комплекс методов исследования, предназначенный для объективной и доказательной проверки достоверности гипотезы о повышении качества знаний при изучении математики на основе дифференцированного подхода к обучающимся. Таким образом, педагогический эксперимент можно идентифицировать как:

- целенаправленное наблюдение в специально созданных условиях [1];
- научно поставленный опыт преобразования педагогического процесса в точно учитываемых условиях [2];
- метод исследования, предназначенный для проверки выдвинутой гипотезы, разворачиваемой в естественных или искусственно созданных контролируемых и управляемых условиях, результатом которой является новое знание, включающее в себя выделение существенных факторов, влияющих на результаты педагогической деятельности [3].

Педагогический эксперимент в своей основе предполагает преднамеренное внесение изменений в организацию педагогического процесса, а также анализ полученных результатов.

Для повышения качества математической подготовки обучающихся на кафедре

математики Военного университета радиоэлектроники в первом семестре 2021/2022 учебного года был проведен педагогический эксперимент «Дифференцированное обучение высшей математике с учетом уровня математической подготовки курсантов».

На *подготовительном* этапе была обозначена первоначальная проблема исследования, а также сформулирована тема планируемого эксперимента. На этом же этапе были определены цели и задачи предстоящей работы, сформулирована гипотеза эксперимента, разработаны программа и календарный план реализации с фиксацией решаемых задач на каждом этапе. Предварительная работа также включала в себя аргументированный выбор экспериментальной и контрольной учебных групп, а также формирование педагогического коллектива, участвующего в проведении эксперимента, прогнозирование положительных и возможных отрицательных результатов и способы их коррекции.

Многолетние наблюдения преподавателей кафедры математики показывают, что первокурсники в составе одной учебной группы могут иметь большие различия в уровне базовой математической подготовки, что приводит к снижению успеваемости и мотивации при изучении дисциплины. Слабо подготовленные обучающиеся не успевают в должной мере освоить необходимый материал, в то же

время хорошо подготовленные не имеют возможности развиваться, так как процесс обучения ориентирован на среднего студента [4; 5].

Для решения проблемы организации процесса обучения высшей математике в группах с большой разницей в уровне базовой подготовки был проведен педагогический эксперимент «Дифференцированное обучение высшей математике с учетом уровня математической подготовки курсантов».

Целью эксперимента являлась разработка и апробация системы дифференцированного обучения высшей математике. Гипотеза эксперимента заключалась в предположении, что реализация дифференцированного подхода к обучению высшей математике позволит повысить качество знаний (академическую успеваемость) курсантов. Идея эксперимента состояла в том, что курсанты были поделены на две подгруппы по уровню математической подготовки: базовый и повышенный уровень. Уровневая дифференциация предполагает обучение всех курсантов по единой программе, делая возможным усвоение изучаемого материала на различных уровнях сложности [4]. Определяющим фактором при этом является уровень обязательной (базовой подготовки), достижение которого свидетельствует о сформированности определенных компетенций [6]. На базовом уровне результатом обучения является овладение основными понятиями высшей математики, теоремами, формулами, а также умение их использовать для решения типовых задач по стандартному алгоритму. Повышенный уровень предполагает, кроме перечисленного, умение анализировать, обобщать, распознавать понятия в новой ситуации, комбинировать различные математические методы и алгоритмы для решения новых задач [5; 6].

Отличительной чертой данного педагогического исследования является разработка методики коррекции математических знаний первокурсников в техническом вузе с целью улучшения качества математической подготовки курсантов, направленное на повышение качества непосредственно самих результатов обучения. Данные цели направлены, в первую очередь, на рост эффективности процесса обучения высшей математике за счет дифференцированного подхода к обучающимся, отслеживания достижений курсантов на каждом этапе обучения, а также формирования целостного восприятия всего курса математики в вузе.

Практический этап проведения эксперимента включал в себя разработку учебно-методических материалов для проведения занятий, а также разработку диагностического инструментария и внедрение дифференцированной системы обучения высшей математике в первом семестре [7].

Эксперимент проводился в учебных группах первого курса одного из факультетов. При этом одна учебная группа (20 человек) была контрольной, а две группы (всего 40 человек) — экспериментальными. На практических занятиях по высшей математике в экспериментальных группах курсанты делились по уровню подготовки, в контрольной группе изменений в составе обучающихся не было. Лекционные занятия проводились поточно, без дифференциации курсантов.

Для анализа схожести по уровню базовой математической подготовки в экспериментальных и контрольной группах на первом практическом занятии был проведен входной контроль, включающий 10 заданий по основным темам школьного курса математики. По результатам входного контроля установлено, что в экспериментальных группах 25% курсантов

имеют высокий уровень математической подготовки и 75% — средний и низкий уровень. В контрольной группе эти значения составили 20% и 80% соответственно. Таким образом, экспериментальные и контрольная группы схожи по уровню базовой математической подготовки и различия между ними незначительны.

Для разделения курсантов на подгруппы в соответствии с их уровнем подготовки применялись методы кластерного анализа — статистические методы, используемые для классификации многомерных объектов в относительно однородные группы (кластеры).

Кроме результатов входного контроля были исследованы следующие данные успеваемости 40 обучающихся экспериментальных групп: результаты ЕГЭ по математике и результаты решения четырех контрольных задач по теме «Линейная алгебра», изучаемой в курсе высшей математики в начале первого семестра. Таким образом, кластеризации подлежали 40 объектов, которые являются элементами 6-мерного пространства [8].

В связи с различиями в единицах измерения признаков предварительно была проведена процедура стандартизации данных:

$$x_{ij}^H = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j},$$

где x_{ij}^H — нормированный j -й показатель i -го объекта, x_{ij} — значение j -го показателя i -го объекта, \bar{x}_j — среднее значение j -го показателя по всему множеству классифицируемых объектов, s_j — среднее квадратическое отклонение j -го показателя, в данном случае $i = 1, \dots, 40, j = 1, \dots, 6$.

Для решения задачи кластеризации использовался метод k -средних, выбор которого обусловлен заранее известным числом кластеров, так как по условиям эксперимента обучающихся необходимо

было разделить на 2 подгруппы. Алгоритм метода k -средних заключается в следующем:

1. Выбираются первоначальные центры

$$C_1^{(n)} = \left(\max_i \{x_{i1}^H\}, \dots, \max_i \{x_{i6}^H\} \right)$$

$$\text{и } C_2^{(n)} = \left(\min_i \{x_{i1}^H\}, \dots, \min_i \{x_{i6}^H\} \right),$$

номер итерации $n = 0$.

2. Вычисляются расстояния от каждого объекта выборки до каждого из центров $C_1^{(n)}$ и $C_2^{(n)}$.

3. Вся выборка разбивается на два кластера: объект X_i относится к кластеру $K_r^{(n)}$, $r = 1; 2$,

$$\text{если } \|X_i; C_r^{(n)}\| = \min \{ \|X_i; C_1^{(n)}\|; \|X_i; C_2^{(n)}\| \},$$

где $C_r^{(n)}$ — центр кластера $K_r^{(n)}$.

4. Рассчитываются новые центры кластеров по формуле

$$C_r^{(n+1)} = \frac{1}{|K_r^{(n)}|} \cdot \sum_{X_i \in K_r^{(n)}} X_i.$$

5. Проверяется условие останова: $C_r^{(n)} = C_r^{(n+1)}$, $r = 1; 2$. В противном случае — переход к пункту 2.

Данный итерационный процесс является сходящимся при любом выборе центров первоначальных кластеров [там же].

Реализация алгоритма осуществлялась в Microsoft Excel. Расстояние между объектами и центрами кластеров вычислялось как евклидово расстояние:

$$\|X_i; C_r^{(n)}\| = \sqrt{\sum_j (x_{ij}^H - c_{rj})^2}.$$

В результате применения алгоритма метода k -средних были получены два кластера:

А) обучающиеся с базовым уровнем математической подготовки (21 человек);

В) обучающиеся с повышенным уровнем подготовки (19 человек).

Обучающиеся экспериментальных учебных групп для работы на практических занятиях по высшей математике были перегруппированы в соответствии с

полученными результатами. Проведение практических занятий и контрольных мероприятий в сформированных новых группах осуществлялось посредством дифференцированного подхода. Все блоки рассматриваемых заданий градировались на уровень «А» (базовый) и «В» (повышенный). Для более объективных результатов с обеими подгруппами в равной мере работали два педагога.

Основным содержанием практических занятий в подгруппе уровня «А» являлось решение базовых, типовых задач с целью запоминания основных определений, формулировок теорем, свойств, формул, формирования осознанного применения изучаемых математических понятий и методов. Например, при изучении темы «Прямая в пространстве» такими являются задачи на составление уравнений прямой, проходящей через две данные точки; прямой, проходящей через данную точку параллельно данному вектору. Задачи повышенного уровня в подгруппе «А» также рассматривались, но предлагались в качестве дополнительных.

В подгруппе «В» типовые задачи являлись обязательными для решения всеми курсантами, но основное внимание уделялось задачам, требующим понимания структурно-логических связей между изучаемыми понятиями. Примером таких задач при изучении темы «Прямая в пространстве» являются задачи на составление уравнений прямой, проходящей через данную точку перпендикулярно данной плоскости; уравнений прямой, проходящей через точку пересечения данной прямой и данной плоскости параллельно другой прямой.

Задания для самостоятельной подготовки в обеих подгруппах включали в себя и типовые задачи, и задачи повышенного уровня. Для того, чтобы курсанты подгруппы «А» имели возможность

качественно усвоить материал и отработать основные алгоритмы решения стандартных задач, преподавателями проводились еженедельные индивидуальные и/или групповые консультации.

На контрольных мероприятиях каждому курсанту была предоставлена возможность выбора уровня выполняемых заданий. Оценка решения заданий контрольных мероприятий проводилась по балльной системе (см. табл.). Оценка «отлично» выставлялась, если курсант набрал 10 баллов, оценка «хорошо» выставлялась за 8–9 баллов, оценка «удовлетворительно» — за 5–7 набранных баллов.

Таблица
Форма задания и баллы за решенные задачи при проведении контрольных мероприятий по высшей математике

Задание №	Максимально возможное количество баллов	
	Первый уровень сложности (А)	Второй уровень сложности (В)
1	1	2
2	1	2
3	1	2
4	1	2
5	1	2
Итого	5	10

Промежуточные итоги эксперимента оценивались по результатам освоения темы «Аналитическая геометрия» (рубежный контроль). На данном этапе было установлено, что уровень успеваемости в экспериментальных группах выше уровня успеваемости в контрольной группе. По результатам рубежного контроля была проведена перегруппировка курсантов.

На *обобщающем* этапе эксперимента была обработана первичная информация; проведен анализ полученных

результатов; проверены гипотезы; сформулированы выводы.

Статистическая обработка данных об успеваемости, полученных по результатам зимней экзаменационной сессии, проводилась с помощью углового преобразования Фишера ϕ^* , который используется для сопоставления двух выборок по частоте встречаемости показателя [9]. Критерий оценивает достоверность различий между процентными долями двух выборок, в которых зарегистрирован исследуемый показатель. Принцип метода состоит в преобразовании процентов p (выраженных в долях единицы) объектов с зарегистрированным признаком в величину $\ddot{o} = 2 \cdot \arcsin \sqrt{p}$, распределение которой близко к нормальному. Для оценки значимости различий долей используется

формула $\ddot{o}^* = (\ddot{o}_1 - \ddot{o}_2) \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$, где n_1 ,

n_2 — объёмы выборок, \ddot{o}_1 — значение, соответствующее большей процентной доле, \ddot{o}_2 — значение, соответствующее меньшей процентной доле.

На уровне значимости 0,05 установлено, что доля курсантов, получивших на экзамене по дисциплине «Высшая математика» неудовлетворительные оценки, в экспериментальных группах значительно ниже, чем в контрольной. При этом различие в долях курсантов, получивших на экзамене по дисциплине «Высшая математика» оценки «хорошо» и «отлично», в экспериментальных и контрольной группах статистически незначимо.

Подводя итоги, можно отметить, что цель педагогического эксперимента достигнута: разработана и апробирована система дифференцированного обучения высшей математике. Положительные ожидания от эксперимента оправдались тем, что количество неудовлетворительных оценок снизилось по сравнению с

результатами входного контроля, особенно в экспериментальных группах. Количество хороших и отличных оценок в экспериментальной и контрольной группах примерно одинаковое, но больше, чем ожидалось по результатам входного контроля. Небольшая доля хороших и отличных оценок объясняется первым опытом курсантов по сдаче устного экзамена по математике.

Анализ результатов опроса курсантов, участвовавших в эксперименте, показал, что положительными моментами курсанты определили комфортный темп работы на практических занятиях, четкое выделение обязательного к усвоению материала, возможность выбора уровня сложности задания.

Преподаватели, в свою очередь, отмечают увеличение трудозатрат при разработке учебно-методических материалов, подготовке к занятиям, проведении консультаций. При работе с подгруппой уровня «А», где целью было достижение базового уровня сформированности компетенций, положительным моментом является возможность эффективного и своевременного устранения пробелов в знаниях. Работа с обучающимися подгруппы уровня «В» принесла свои результаты: удалось повысить заинтересованность курсантов в изучении высшей математики, привлечь их к участию в математических олимпиадах, работе математического кружка.

Разработанная разноуровневая система заданий для проведения контрольных мероприятий положительно оценивается как курсантами, так и преподавателями. Предполагается ее использование в дальнейшей работе, а также разработка аналогичных заданий для проведения контрольных мероприятий в других семестрах.

В качестве рекомендаций по применению дифференцированного обучения высшей математике предлагается выделять

подгруппы в соответствии с тремя уровнями математической подготовки: высоким, средним, низким, а также применять

дифференцированный подход в течение, как минимум, всего первого курса обучения высшей математике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Скаткин, М.Н.* Методология и методика педагогических исследований: В помощь начинающему исследователю. М.: Педагогика, 1986. 152 с.
2. *Подласый, И.П.* Педагогика: 100 вопросов — 100 ответов: учеб. пособие для вузов. М.: Владос-Пресс, 2004. 365 с.
3. *Сиденко, А.С.* Педагогический эксперимент: от идеи до разработки: учебно-методическое пособие. Ярославль–Москва: Канцлер, 2020. 256 с.
4. *Богомолова, Е.П.* Формирование программы по математике в техническом университете и качество математических знаний // Образование и наука. 2016. № 1 (130). С. 34–50.
5. *Марченко, В.М., Борковская, И.М., Пыжкова, О.Н.* Уровневая технология преподавания высшей математики в вузе // Высшее техническое образование. 2009. № 8. С. 98–107. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urovnevaya-tehnologiya-prepodavaniya-vysshey-matematiki-v-vuze> (дата обращения: 25.05.2022).
6. *Дербеденева, Н.Н.* Обучение геометрии студентов первого курса педагогического вуза в контексте дифференцированного подхода // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2013. № 11. С. 90–99. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-geometrii-studentov-pervogo-kursa-pedagogicheskogo-vuza-v-kontekste-differentsirovannogo-podhoda> (дата обращения: 25.05.2022).
7. *Сарычева, И.А., Грибкова, Ю.В.* Разработка методики оценки качества знаний по математике для студентов инженерно-технических специальностей // Вестник Череповецкого государственного университета. 2017. № 1 (76). С. 201–206.
8. *Лепский, А.Е., Броневиц, А.Г.* Математические методы распознавания образов: курс лекций. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. 155 с.
9. *Сидоренко, Е.В.* Методы математической обработки в психологии. СПб.: ООО «Речь», 2000. 350 с.

REFERENCES

1. Skatkin, M.N. *Metodologiya i metodika pedagogicheskikh issledovaniy: v pomoshch nachinayushchemu issledovatelyu* [Methodology and Methodology of Pedagogical Research: To Help a Novice Researcher]. Moscow, Pedagogika, 1986, 152 p. (in Russ.)
2. Podlasyj, I.P. *Pedagogika: 100 voprosov — 100 otvetov: ucheb. posobie dlya vuzov* [Pedagogy: 100 Questions — 100 Answers: Studies. Handbook for Universities]. Moscow, Vlados-Press, 2004, 365 p. (in Russ.)
3. Sidenko, A.S. *Pedagogicheskij eksperiment: ot idei do razrabotki: uchebno-metodicheskoe posobie* [Pedagogical Experiment: From Idea to Development: Educational and Methodical Manual]. Yaroslavl–Moscow, Kancler, 2020, 256 p. (in Russ.)
4. Bogomolova, E.P. *Formirovanie programmy po matematike v tekhnicheskom universitete i kachestvo matematicheskikh znaniy* [Formation of the Mathematics Program at the Technical University and the Quality of Mathematical Knowledge], *Obrazovanie i nauka* = Education and Science, 2016, No. 1 (130), pp. 34–50. (in Russ.)

5. Marchenko, V.M., Borkovskaya, I.M., Pyzhkova, O.N. Urovnevaya tekhnologiya prepodavaniya vysshey matematiki v vuze [The Level Technology of Teaching Higher Mathematics at a University], *Vysshee tekhnicheskoe obrazovanie* = Higher Technical Education, 2009, No. 8, pp. 98–107. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/urovnevaya-tehnologiya-prepodavaniya-vysshey-matematiki-v-vuze> (accessed: 25.05.2022). (in Russ.)
6. Derbedeneva, N.N. Obuchenie geometrii studentov pervogo kursa pedagogicheskogo vuza v kontekste differencirovannogo podhoda [Teaching Geometry to First-Year Students of a Pedagogical University in the Context of a Differentiated Approach], *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of the South Ural State University, 2013, No. 11, pp. 90–99. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-geometrii-studentov-pervogo-kursa-pedagogicheskogo-vuza-v-kontekste-differentsirovannogo-podhoda> (accessed: 25.05.2022). (in Russ.)
7. Sarycheva, I.A., Gribkova, Yu.V. Razrabotka metodiki ocenki kachestva znaniy po matematike dlya studentov inzhenerno-tekhnicheskikh specialnostey [Development of a Methodology for Assessing the Quality of Knowledge in Mathematics for Students of Engineering and Technical Specialties], *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of Cherepovets State University, 2017, No. 1 (76), pp. 201–206. (in Russ.)
8. Lepskij, A.E., Bronevich, A.G. *Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov: kurs lekcij* [Mathematical Methods of Pattern Recognition: A Course of Lectures]. Taganrog, Taganrogskij tekhnologicheskij institut Yuzhnogo federalnogo universiteta, 2009, 155 p. (in Russ.)
9. Sidorenko, E.V. *Metody matematicheskoy obrabotki v psikhologii* [Methods of Mathematical Processing in Psychology]. St. Petersburg, Rech, 2000, 350 p. (in Russ.)

Сарычева Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра математики, Военный ордена Жукова университет радиоэлектроники, sariranat@gmail.com

Irina A. Sarycheva, PhD in Engineering, Associate Professor, Mathematics Department, Military Order of Zhukov University of Radio Electronics, sariranat@gmail.com

Грибкова Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра математики, Военный ордена Жукова университет радиоэлектроники, 150475@mail.ru

Julia V. Gribkova, PhD in Engineering, Associate Professor, Mathematics Department, Military Order of Zhukov University of Radio Electronics, 150475@mail.ru

Голицына Елена Викторовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра математики, Военный ордена Жукова университет радиоэлектроники, e_golitsyna@mail.ru

Elena V. Golitsyna, PhD in Engineering, Associate Professor, Mathematics Department, Military Order of Zhukov University of Radio Electronics, e_golitsyna@mail.ru

Запатрина Наталия Владимировна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, кафедра математики, Военный ордена Жукова университет радиоэлектроники, z_natalia777@mail.ru

Natalia V. Zapatrina, PhD Engineering, Associate Professor, Chairperson, Mathematics Department, Military Order of Zhukov University of Radio Electronics, z_natalia777@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.06.2022. Принята к публикации 09.07.2022

The paper was submitted 03.06.2022. Accepted for publication 09.07.2022